Tijdschrift van het

**Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap**

DEEL 32 - Nr. 4 1967

# The true-shape amplifier

by J. W. Alexander*) and R. Vonk**)

**Summary**

Several methods for approximation for determining the components of an ideal, i.e. the „true-shape", amplifier are studied. The best results are shown to be obtainable with the approximation for the true-phase amplifier. A method of calculation is presented.

## 1. Introduction

For amplification of pulse-shaped or pulse-modulated signals it is required that the different frequency components are passing with the proper amplitude and the proper phase in a wide frequencyband. This requirement in the frequency domain is identical with the requirement in the time domain that the form is retained as good as possible. This is the reason why we speak of the „true-shape" amplifier. This concept yields an indication to the solution of the problem how to choose the components of such an amplifier.

## 2. The ideal true-shape amplifier

The ideal true-shape amplifier is an amplifier of which the output signal is a true and magnified copy of the input signal. However, by passing through a physical network the output signal appears some time later. We can express this fact in terms of an equation by means of the operational calculus. Let us write the connection between the output voltage $U(p)$ and the input voltage $E(p)$ as:

$$U(p) = F(p)\, E(p),$$

*) Technical University, Delft

**) ibid., now at Philips' Research Labs., Eindhoven

in which $F(p)$ accounts for the network of the amplifier. For the true-shape amplifier we then must have

$$F(p) = K \exp(-pt_o)\,, \tag{1}$$

in which $K$ represents a constant (the amount of the amplification) and $t_o$ the delay time.

Now a physical network, consisting of a finite number of lumped elements, can be represented by the quotient of two polynomials of finite degree in $p$. Hence,

$$F(p)/K = \{1 + a_1(p\tau) + a_2(p\tau)^2 + ..\}\{1 + b_1(p\tau) + b_2(p\tau)^2 + ..\}^{-1}. \tag{2}$$

Rewriting this as a power series in $p\tau$, we obtain

$$F(p)/K = 1 + A_1(p\tau) + A_2(p\tau)^2 + \ldots, \tag{3}$$

in which the coefficients are obtained as

$$\begin{aligned}
A_1 &= a_1 - b_1, \\
A_2 &= a_2 - b_2 - b_1 A_1, \\
A_3 &= a_3 - b_3 - b_2 A_1 - b_1 A_2, \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot \\
A_n &= a_n - b_n - b_{n-1} A_1 - b_{n-2} A_2 + \ldots - b_1 A_{n-1}\,.
\end{aligned} \tag{4}$$

On the other hand $\exp(-pt_o)$ can be written as

$$\exp(-pt_o) = 1 - pt_o + \frac{1}{2!}(pt_o)^2 - \frac{1}{3!}(pt_o)^3 + \ldots \tag{5}$$

We obtain an approximation of (1) by equating a finite number of corresponding terms of (3) and (5). From this we learn:

$$\begin{aligned}
-t_o &= A_1\tau & &\text{or} & A_1 &= -t_o/\tau\,, \\
\frac{1}{2!}t_o^2 &= A_2\tau^2 & &\text{or} & A_2 &= \frac{1}{2!}A_1^2\,, \\
-\frac{1}{3!}t_o^3 &= A_3\tau^3 & &\text{or} & A_3 &= \frac{1}{3!}A_1^3\,, \\
&\cdot & & & &\cdot \\
&\cdot & & & &\cdot \\
&\cdot & & & &\cdot
\end{aligned} \tag{6}$$

Before applying this result, we first present the following consideration.

## 3. Modified representation of the true-shape amplifier

In a different way we can also obtain an approximation by considering the meaning of exp $(-pt_0)$ being that this time delay in the time domain is equivalent to a constant amplitude (viz. (1)) and a phase $\varphi(\omega) = \omega \times$ (a constant) in the frequency domain. The amplitude $A(\omega)$ and the phase $\varphi(\omega)$ of $F(p)$ are given by

$$A^2(\omega) = F(j\omega)F(-j\omega),$$
$$\tan\{\varphi(\omega)\} = -j\frac{F(j\omega)-F(-j\omega)}{F(j\omega)+F(-j\omega)}. \tag{7}$$

### 3.1 *The constant amplitude amplifier*

If we require the amplitude characteristic of the amplifier to be a constant as good as possible, we find a condition different from (6) for the coefficients of the series for $F(p)$.

For, from (3) we obtain

$$F(j\omega)/K = 1 + jA_1(\omega\tau) - A_2(\omega\tau)^2 - jA_3(\omega\tau)^3 + \dots \tag{8}$$

which upon substitution in (7) leads to

$$A^2(\omega)/K^2 = [1 - (A_2\omega\tau)^2 + \dots]^2 + \omega^2\tau^2[A_1 - A_3(\omega\tau)^2 + \dots]^2. \tag{9}$$

From this we learn that $A^2(\omega)/K^2 = 1$ if all coefficients of all powers of $\omega$ are equal to zero. From (9) we see that the coefficient of $(\omega\tau)^2$ is $-2A_2 + A_1^2$. If this is to vanish, we have $-2A_2 + A_1^2 = 0$.

In a similar way, a sequence of conditions is obtained:

$$-2A_2 + A_1^2 = 0,$$
$$2A_4 + A_2^2 - 2A_1A_3 = 0, \tag{10}$$
$$\vdots$$

### 3.2 *The true-phase amplifier*

Substitution of (8) in (7) leads for the phase to

$$\tan(\varphi) = \omega\tau\frac{A_1 - A_3(\omega\tau)^2 + A_5(\omega\tau)^4 + \dots}{1 - A_2(\omega\tau)^2 + A_4(\omega\tau)^4 + \dots},$$

from which we obtain by dividing

$$\tan(\varphi) = \omega\tau \left[A_1 + (A_1A_2 - A_3)(\omega\tau)^2 + \right.$$
$$\left. + \{A_5 - A_1 A_4 + A_2(A_1 A_2 - A_3)\}(\omega\tau)^4 + \ldots\right]. \qquad (11)$$

With this we want to approximate the ideal phase, which amounts $\frac{\varphi(\omega)}{\omega}$ to be a constant. Hence, $\varphi(\omega) = -\omega t_o$, in which $t_o$ represents the delay time.

Then we obtain

$$\tan\varphi = \tan(-\omega t_o) = -\tan(\omega t_o).$$

When $|x| < \frac{\pi}{2}$ the following series expansion holds:

$$\tan(x) = x + \frac{1}{3}x^3 + \frac{2}{15}x^5 + \frac{17}{315}x^7 + \ldots,$$

which leads to

$$-\tan(\omega t_o) = -\omega t_o - \frac{1}{3}(\omega t_o)^3 - \frac{2}{15}(\omega t_o)^5 + \ldots \qquad (12)$$

Approximating (12) by (11) by equating the corresponding terms, we obtain

$$A_1 = -t_o/\tau,$$

$$A_1 A_2 - A_3 = \frac{1}{3}A_1^3,$$

$$A_5 - A_1 A_4 + A_2(A_1 A_2 - A_3) = \frac{2}{15}A_1^5, \qquad (13)$$

$$\vdots$$

## 4. Investigation of well-known circuits

In order to examine which of the approximations has the best results, we shall test some well-known circuits.

### 4.1 *Shunt-peaking network*

For the shunt peaking circuit according to fig. 1, in which $L = aR^2C = aR\tau$, we have

$$Z(p)/R = (1 + ap\tau)/\{1 + p\tau + a(p\tau)^2\}. \qquad (14)$$

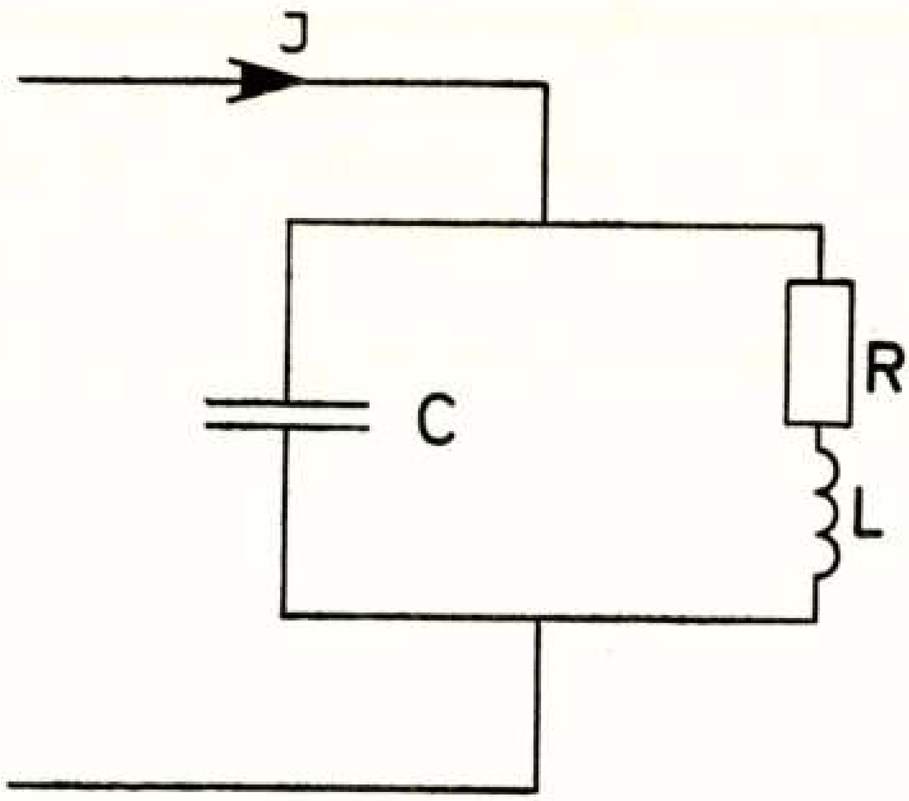



Fig. 1
The shunt peaking network

From this it follows that $a_1 = a$, $a_2 = 0$, $b_1 = 1$, $b_2 = a$, $b_3 = 0$; hence, according to (4) we have $A_1 = a - 1$, $A_2 = -2a + 1$, $A_3 = -a^2 + 3a - 1$.

With the equations (6) we get the delay time $t_0 = (1 - a)\tau$ and $a = 0.414$.

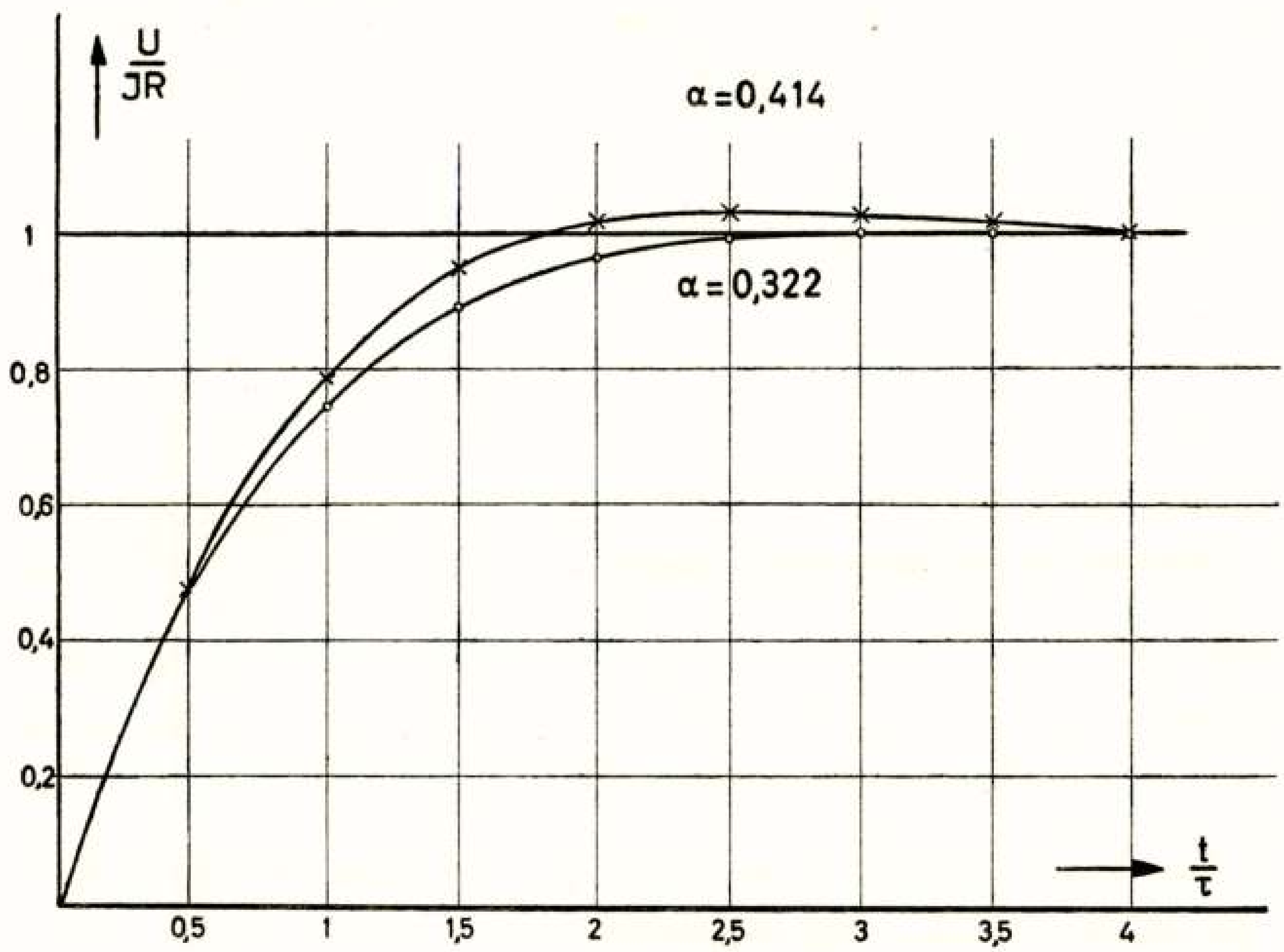



Fig. 2
The signal from the shunt peaking network for the constant amplitude case and the true-phase case

From the equations (10) for the constant amplitude amplifier we also get $a = 0.414$, but from the equations (13) for the true-phase amplifier $a = 0.322$. With these different values for $a$ we get different responses in the time domain. This we can see in fig. 2, which represents the result of a current jump.

For $a = 0.414$ an overshoot of 3.1% appears and for $a = 0.322$ an overshoot of 0.4%.

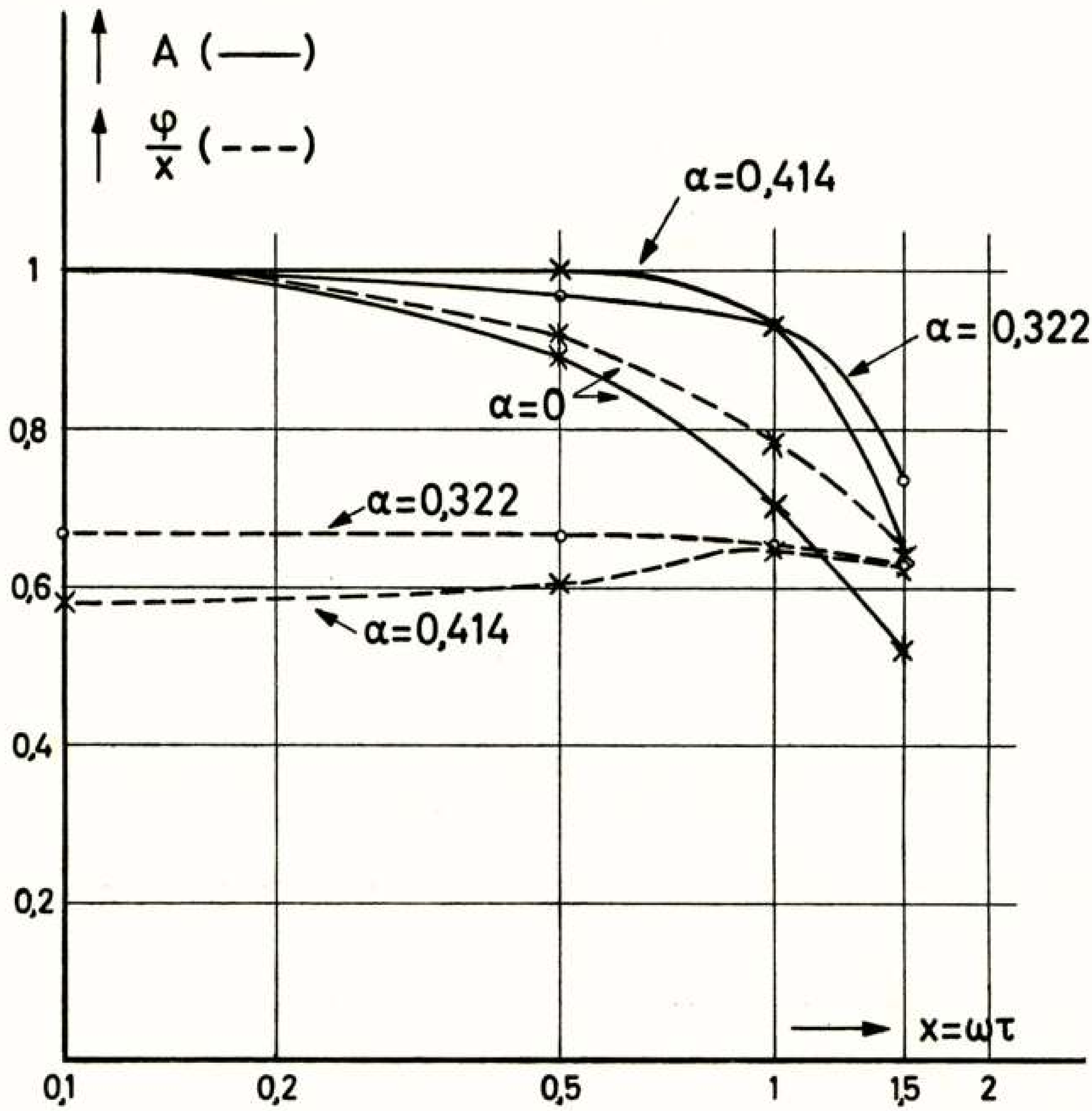



Fig. 3

Amplitude and phase characteristics of the shunt peaking network for the non-peaking case, the constant amplitude and the true-phase case.

Fig. 3 gives a picture of the foregoing in the frequency domain. With the notation $\omega t = x$ it follows from (14) that

$$A^2 = (1 + a^2 x^2) / (1 - 2 a x + a^2 x^4 + x^2),$$

$$\tan(\varphi) = - x (1 - a + a^2 x^2).$$

In fig. 3 A and $-\varphi/x$ are drawn as a function of $x$ for $a = 0$, $a = 0.322$ and $a = 0.414$. The most remarkable fact is the maximum in $-\varphi/x$ at $a = 0.414$ for the constant amplitude amplifier, which is not present at $a = 0.322$ for the true-phase amplifier.

### 4.2 *Modified shunt-peaking network*

For the modified shunt-peaked network according to fig. 4 with $L = aR^2C = aR\tau$, one finds

$$Z(p)/R = \{1 + a(p\tau) + ak(p\tau)^2\} / \{1 + p\tau + (a + ak)(p\tau)^2 + ak(p\tau)^3\}. \quad (15)$$

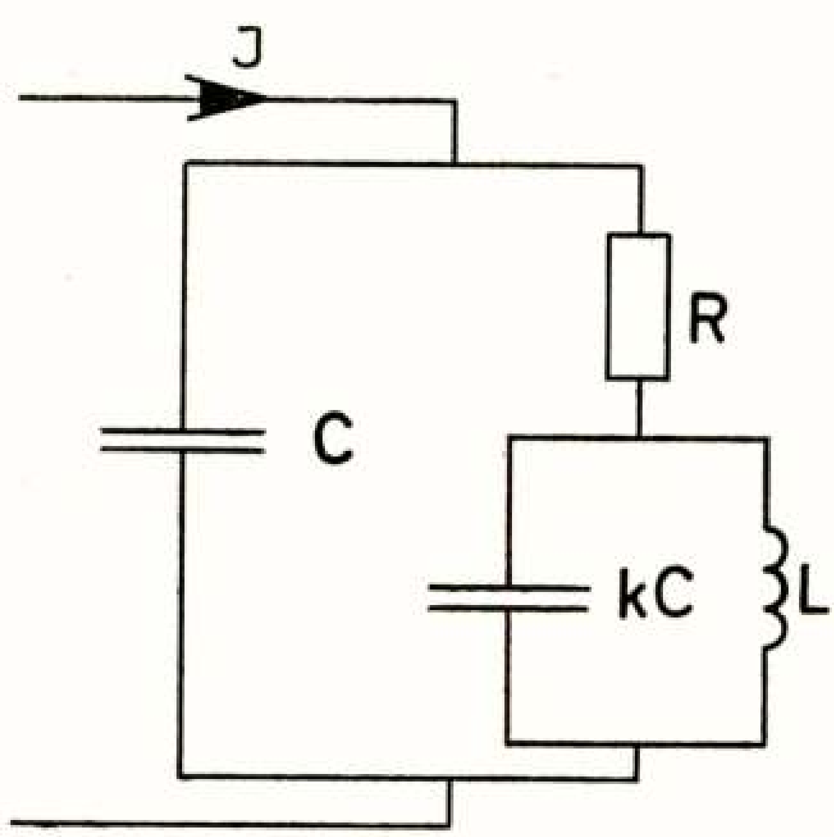



Fig. 4
The modified shunt-peaked network

The values of $a$ and $k$ are given in the literature*) without any further motivation: $a = 0.35$ and $k = 0.22$. According to the three approximations presented above we find from (6), (10) and (13) the respective values: $a = 0.414$ and $k = 0.609$, $a = 0.414$ and $k = 0.354$, $a = 0.3455$ and $k = 0.217$. Hence the latter values are entirely in agreement with those in the literature.

In the time domain the values $a = 0.414$ and $k = 0.354$ of the constant amplitude amplifier produce an overshoot of 10%, while the values $a = 0.3455$ and $k = 0.217$ of the true-phase amplifier produce an overshoot of 1%.

In fig. 5 the results of the calculations for the constant amplitude am-

*) G. E. Valley and H. Wallmann, Vacuum Tube Amplifiers, M.I.T. Radiation Laboratory Series, Vol. 18, Mc.Graw-Hill Book Company, New York/Toronto/London, 1948, p. 75.

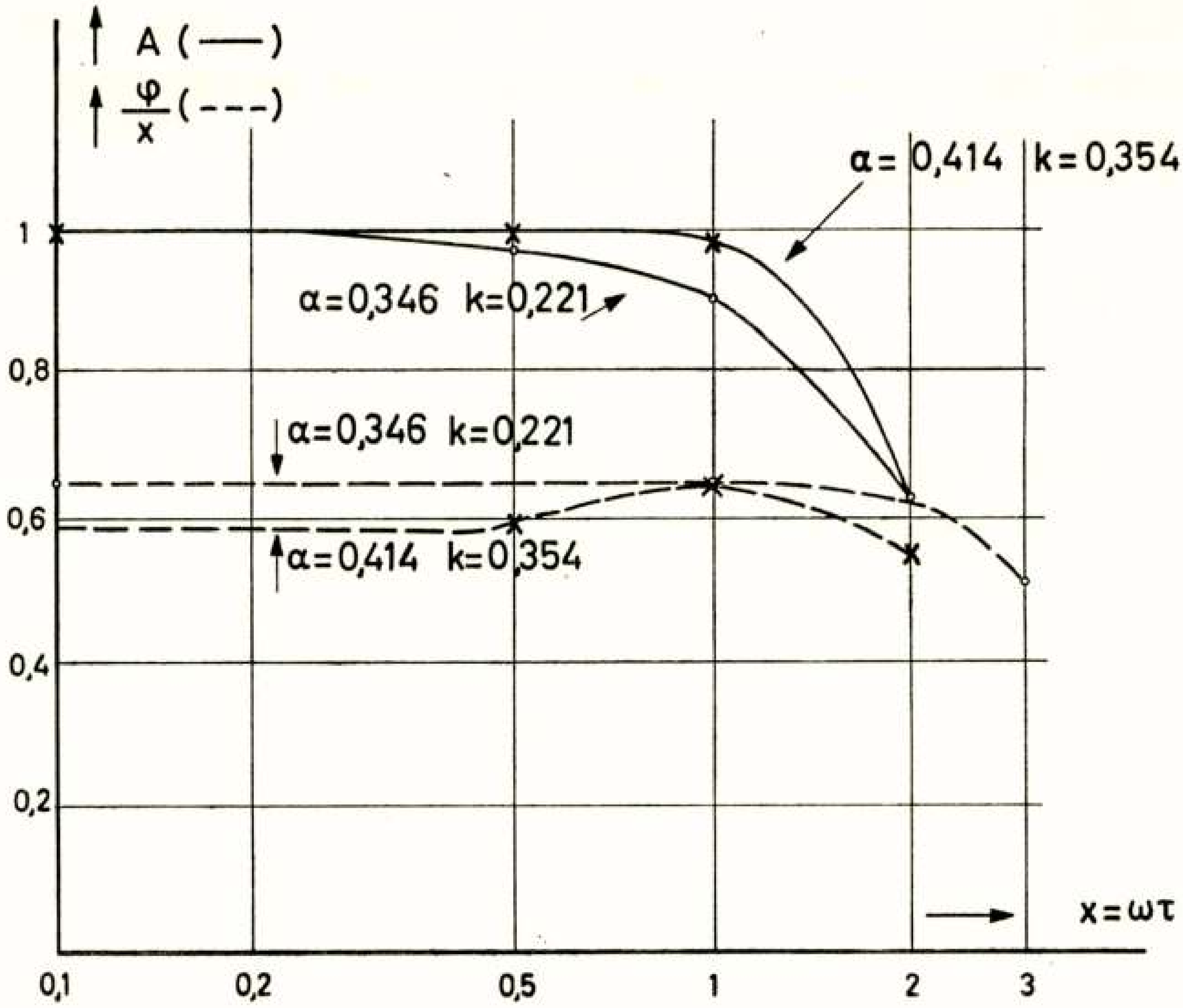



Fig. 5
Amplitude and phase characteristics for the constant amplitude and the true-phase case

plifier and the true-phase amplifier are compared. The first one gives a more constant amplitude over a larger range, but at the end a steeper descent, whereas the phase curve shows a maximum which is absent in the true-phase amplifier.

From the results the importance of phase-linearity for circuits employed in a wide frequency band or for true-shape amplifiers is stressed; this fact being of course well-known. But at the same time it is shown that the method of calculation according to (13), from which one obtains an approximation to the true-phase amplifier, is a suitable method to determine the elements of a true-shape network. However, it is to be remarked that more complicated equations are obtained for circuits with an increasing number of components. With the aid of a computer these equations are easely solved.

*Manuscript ontvangen 19 mei 1967.*

# On the hidden negative resistance of an amplifier

by J. W. Alexander*)

**Summary**

It is shown that every linear amplifier has a negative resistance, which is equal to — $1/g$.

The well-known equivalent scheme for a small-signal linear amplifier, connected to a load $r_l$ is presented by fig. 1a and b, resp. for a voltage

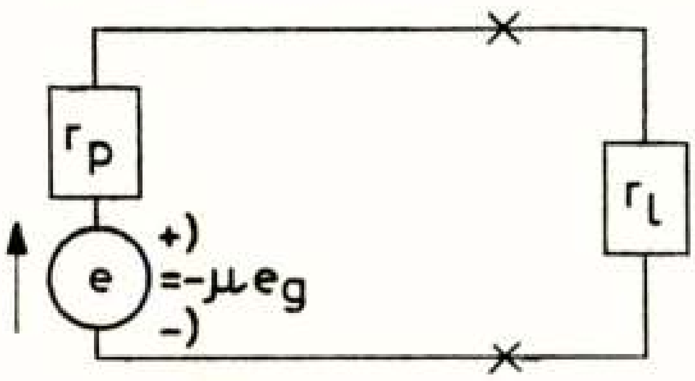



Fig. 1a
Amplifier with voltage source

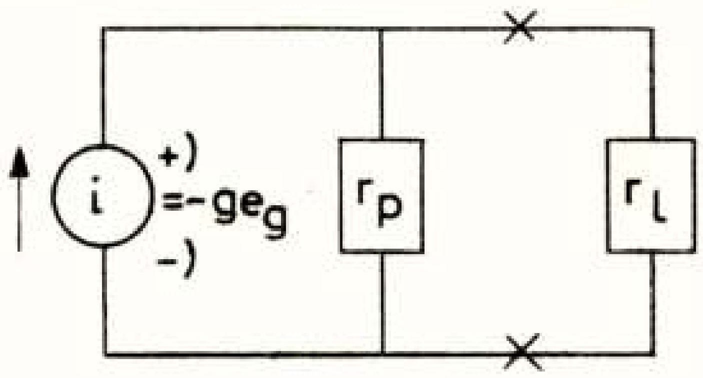



Fig. 1b
Amplifier with current source

source or a current source, expressed in the ingoing voltage $e_g$, multiplied by a factor.

But it is also possible to design a scheme with the voltage soucre $e_g$ alone. Then we obtain the following equivalent scheme fig. 2.

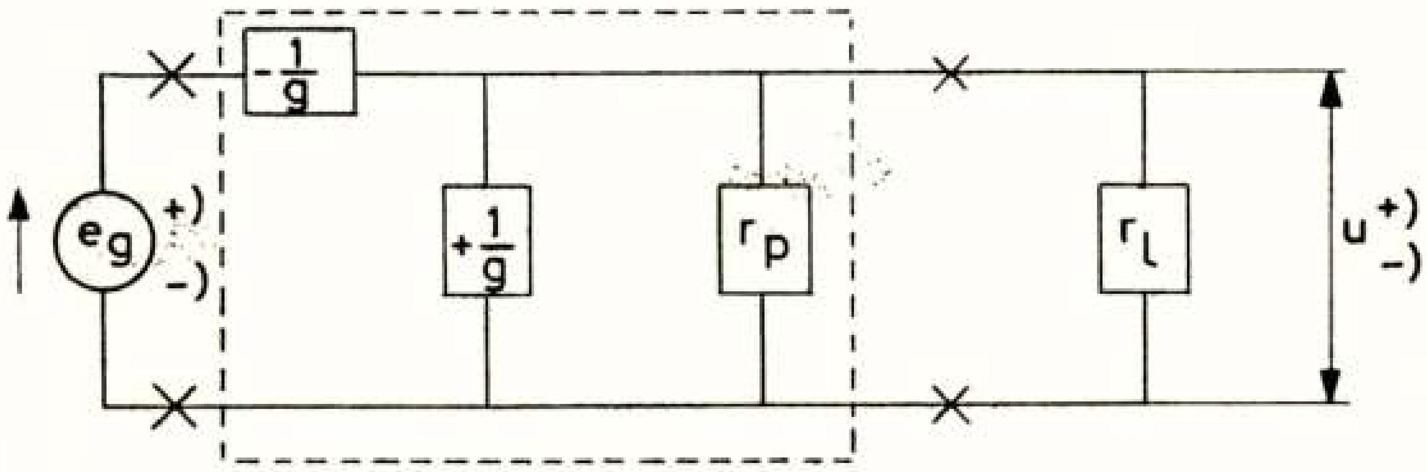



Fig. 2
Equivalent amplifier scheme

Here we see the negative resistance $- r = - 1/g$ which accounts for the amplification, and which was hidden in fig. 1.

When we write: $r \,//\, r \,//\, r_l = R$, we know that always $r > R$ and we see from the scheme

*) Technical University, Delft.

$$u/e_g = R/(R - r).$$

We remark that the negative resistance is suppressed by the ordinary way upon which the $I_a - E_g$ characteristic is drawn, where $+I_a$ is the current to the plate. This shows a positive gradient $+g$. When $+ I = - I_a$ is the outgoing current from the plate and we draw the $I - E_g$ characteristic we immediately see the negative gradient $- g$.

So, the concept of a negative resistance is not restricted to special circuits (as e.g. negative impedance converters) or special devices with negative-resistance regions (as e.g. gas tubes and tunnel diodes). But, in essence, it is already present in every linear amplifier.

*Manuscript ontvangen 29 mei 1967.*

## CONGRESSEN E.D.

### International Symposium on Structures Technology for Large Radio and Radar Telescope Systems

The Office of Naval Research and the Massachusetts Institute of Technology are cosponsoring an International Symposium on Structures Technology for Large Radio and Radar Telescope Systems, to be held at M.I.T. October 18 - 20, 1967. The topics to be covered include Stress Analysis of Complex Structures, Radome Instabilities, and Passive and Active Control of Antenna Shape. Additionally, there will be background papers on radio and radar astronomy, the electromagnetic requirements of rado-



150-foot-diameter radome

mes, antenna performance, environmental considerations such as winds and temperature, and mechanical design considerations such as drives and bearings. The primary emphasis, however, will be on the problem areas associated with, and the tools for, the structural design of very large radio and radar astronomy systems. The program will include a visit to the M.I.T. Lincoln Laboratory Haystack facility, which consists of a 120-foot parabolic antenna inside a 150-foot-diameter radome.

All of the papers which are presented, as well as a limited number

which cannot be accommodated during the sessions, will be published in a Symposium Volume.

Persons who wish to present papers dealing with the structural problems of large radio and radar telescope systems should submit the papers or abstracts of sufficient length to enable the Symposium Committee to make an accurate assessment by July 15, 1967. Authors will be notified by August 15, 1967, of the disposition of their submissions.

Inquiries and papers should be sent to: Professor James W. Mar, Room 33-318, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.

## 1967 International Electron Devices Meeting

The *Annual Technical Meeting* of the Electron Devices Group of the Institute of Electrical and Elestronics Engineers, Inc. will be held at the Sheraton-Park Hotel in Washington, D.C., on 26 - 28 October 1967.

This is the annual electron device meeting covering research, development, design, and manufacture of: integrated electronics, solid state devices, electron tubes, display and pick-up devices, lasers, energy conversion devices.

Specific areas to be covered include:

Integrated electronics –
LSI technology: monolithic and hybrid, MOS and bi-polar, interconnection, assembly, and packaging; circuits and complex functions: digital, including logic and memory, linear through microwave; specific topics: radiation hardening, micropower; computer-aided design, automatic maskmaking, testing and reliability.

Solid state devices –
bulk effect and avalanche devices; hot carrier devices and semiconductor cathodes; new diodes, transistors and MOS devices; phonon coupled amplifiers; devices using new principles or structures.

Microwave and power tubes –
microwave tubes for high power, low noise, millimeter wevelength, noise generation; gas discharge and plasma tubes; switching and duplexing devices; tubes for special applications where high reliability, lightweight, ruggedness, and other specific characteristics are important.

Imaging, storage, information processing, and display devices –
electron tubes, solid state, and optical devices for pick-up, intensification, processing, storage, and display of images and related signatures.

Lasers and related devices –
high power generation; new wavelenghts; high efficiency; rugged, reliable, long life operation; frequency stabilization; wavelength, mode, and pulse control; other specific characteristics; amplifiers; parametric devices; modulation and detection.

Energy conversion devices –
thermionic, themoelectric, photo-voltaic and thermophoto-voltaic devices; magneto-hydrodynamic and other plasma-type generators; fuel cells.

Technical Program Chairman is: Burton J. McMurtry, Sylvania Electronic Systems, P.O. Box 205, Mountain View, California 94040.

Orders for copies of the 1967 Final Program should be placed through the Order Department, IEEE Headquarters, 345 East 47th Street, New York, N.Y. 10017.

### Fachtagung „Teilnemer-Rechensysteme"

Van 20 tot 22 september 1967 wordt in Erlangen een „Fachtagung Teilnehmer-Rechensysteme" gehouden, georganiseerd door „Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE, Fachausschuss 6, Nachrichtenverarbeitung", in samenwerking met „Deutsche Arbeitsgemeischaft für Rechenanlagen-DARA" en „Zweigstelle Erlangen des VDE-Bezirksvereins Nordbayern".

Inlichtingen: Frau L. Leeb, WW Med, Sekretariat EL, Erlangen, Postfach 400.

### Fachtagung „Antennen und elektromagnetische Felder"

Van 17 tot 20 oktober 1967 wordt in Darmstadt een „Fachtagung Antennen und elektromagnetische Felder" gehouden, georganiseerd door „NTG-Fachausschuss 13 – Antennen", in samenwerking met „Kommission VI des Deutschen U.R.S.I.-Landesausschusses Elektromagnetische Wellen und Kreise" en „Zweigstelle Darmstadt des VDE-Bezirksvereins Frankfurt".

Inlichtingen: HEAG-Haus, Zimmer N 114, 61 Darmstadt, Luisenstrasse 12.

### Fachtagung „Hörrundfunk"

Van 28 tot 30 november 1967 wordt in Düsseldorf een „Fachtagung Hörrundfunk" gehouden, georganiseerd door „NTG-Fachausschüssen 14 – Wellenausbreitung – und 17 – Elektroakustik", in samenwerking met „VDE-Bezirk Düsseldorf".

Inlichtingen: Geschäftsstelle des VDE-Bezirk Düsseldorf, 4 Düsseldorf 1, Postfach 1136 der Stadtwerke.

## WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS

### Technische Hogeschool Delft

Op 10 mei 1967 heeft *prof. ir. J. L. de Kroes,* buitengewoon hooleraar in de Afdeling der Electrotechniek (automatische telefonie en telegrafie) van de Technische Hogeschool te Delft, zijn ambt aanvaard met het uitspreken van een rede, getiteld: „Gesprek op afstand".

### Technische Hogeschool Eindhoven

Bij Koninklijk Besluit van 11 augustus 1965 is *ir. L. J. Tummers,* adjunct-directeur van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips,

benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de afdeling der Elektrotechniek van de Technische Hogeschool te Eindhoven, om onderwijs te geven in de transistortechniek.

Op 26 mei 1967 heeft prof. Tummers naar aanleiding van zijn ambtsaanvaarding een rede gehouden, getiteld: „Elektronica en integratie".

Op 16 juni 1967 promoveerde aan de T.H.E. tot doctor in de technische wetenschappen *drs. E. Kooi Jzn.* De titel van zijn proefschrift was: „The surface properties of oxidized silicon". Promotor was prof. L. J. Tummers. De promotie geschiedde met lof.

## VARIA

### International Telecommunication Union (ITU) World Plan Committee

In 1960 besloot het CCITT tot de oprichting van een „World Plan Committee", ter bevordering van de internationale samenwerking op het gebied van de planning en de ontwikkeling van de internationale en intercontinentale communicatie.

Thans zijn er vier regionale comité's, nl. een voor Afrika, een voor Latijns Amerika, een voor Azië en Oceanië en een voor Europa en het Middellandse Zee-gebied. Er is geen regionaal comité voor Noord-Amerika: de administraties daar behandelen de internationale zaken op een bilaterale basis. Doch wegens hun intercontinentale betrekkingen nemen deze wel een actief aandeel in het werk van de andere comité's, in het bijzonder in het World Plan Committee.

De resultaten van de werkzaamheden van deze CCITT-CCIR-comité's worden gepubliceerd in vijf boeken, waarvan er tot heden vier zijn verschenen. Deze bevatten de plannen voor de eerstkomende jaren. Het eerste deel, getiteld: „General plan for the development of the international network, 1963-1968", is gepubliceerd in 1964 als resultaat van de bijeenkomst van het World Plan Committee in Rome in 1963. Het tweede deel, getiteld: „General plan for the development of the international network in Latin America, 1965-1968", is verschenen in 1965 als resultaat van de bijeenkomst van het Plan Committee for Latin America, gehouden in Santiago (Chili) in 1965. Het derde deel, getiteld: „General plan for the development of the international network in Europe and the Mediterranean Basin, 1965-1968", werd gepubliceerd in 1966 na de bijeenkomst van het Plan Committee for Europe and the Mediterranean Basin in Parijs in 1966. Het vierde, zo juist verschenen deel, voorbereid door het Plan Committee for Asia and Oceania tijdens de bijeenkomst in Melbourne (Australië) in 1966, draagt als titel: General plan for the development of the international network in Asia and Oceania, 1965-1970". Het vijfde deel, getiteld: „General plan for the development of the international network in Africa, 1965-1970", is verschenen in juli 1967 en bevat de resultaten van de bijeenkomst van het Plan Committee for Africa, gehouden in Addis Abeba (Ethiopië) in 1967.

Deze publicaties zijn verschenen in het Engels, Frans en Spaans. Zij zijn verkrijgbaar bij: Sales Service, International Telecommunication Union, Place des Nations, 1211 Geneva 20, Zwitserland.

**Telefoon met televisie**




Op de Hannover-Messe 1967 vertoonde Siemens een telefoon-met-televisie. Aansluiting op het openbare telefoonnet is evenwel nog niet mogelijk. Als echter een dergelijk kostbaar apparaat in het openbare telefoonnet toepassing vindt, zou menigeen vermoedelijk als eerste eis stellen, dat het televisiegedeelte kan worden uitgeschakeld!

## UIT HET N.E.R.G.

### Werkvergaderingen

Op 15 februari 1967 is de 190e werkvergadering, tevens jaarlijkse Algemene Ledenvergadering, gehouden in Hotel Smits te Utrecht. Na het huishoudelijk gedeelte volgde het technisch gedeelte, bestaande uit twee voordrachten, gehouden door *Drs. H. J. A. Vesseur (K.N.M.I., De Bilt)* over het thema: *Het ionosfeeronderzoek, in het bijzonder de windmeting in de ionosfeer.* Van deze beide voordrachten volgt hier een samenvatting.

*Moderne methoden in het ionosfeeronderzoek*

Gedurende 25 à 30 jaar is de verticale peiling door middel van radiopeilingen de belangrijkste bron van gegevens voor het ionosfeeronderzoek geweest. Men heeft uit voortdurende waarnemingen op een groot aantal over de aarde verspreide stations, kunnen afleiden hoe de electronendichtheid met de hoogte verloopt en hoe dit profiel zich met de geografische breedte, de tijd van de dag, het seizoen en de zonneactiviteit wijzigt. De gegevens zijn echter principieel beperkt tot het onderste gedeelte van de ionosfeer. Immers, radiogolven met een frequentie, hoog genoeg om de hoogte van de maximale electronendichtheid te doordringen, worden niet meer op nog grotere hoogte gereflecteerd.

Sinds de mogelijkheid van het gebruik van raketten en satellieten zijn er methoden ontwikkeld die aan deze beperking ontkomen.

Er zijn twee methoden om met behulp van een opstijgende raket, waarin slechts eenvoudige apparatuur aanwezig is, het profiel van de electronendichtheid in de ionosfeer te bepalen.

De eerste methode maakt gebruik van de invloed van de ionosfeer op het Doppler-effect. In de raket worden twee zenders geplaatst. De frequentie van de tweede zender wordt door vermenigvuldiging afgeleid uit die van de eerste. De frequentie van de tweede zender is echter hoog genoeg om de ionosfeer te doordringen; de frequenties kunnen bijvoorbeeld 20 en 120 MHz zijn. Het ontvangstation ligt ongeveer onder de baan van de opstijgende raket en ontvangt beide frequenties iets verlaagd door het Dopplereffect. Het Dopper-effect hangt, relatief gezien, af van de snelheid van de raket en van de brekingsindex van de ionosfeer ter plaatse van de raket. Zolang de brekingsindex voor beide frequenties dezelfde is, blijft er tussen de beide ontvangen frequenties een harmonisch verband bestaan. De laagste frequentie ondervindt echter een veel grotere invloed van de ionosfeer dan de hoogste. Beide brekingsindices verschillen; en het oorspronkelijk harmonische verband tussen beide ontvangen frequenties is verbroken. Er ontstaat een zweving tussen de hoogste en de juiste harmonische van de laagste. De zwevingsfrequentie is een maat voor de electronendichtheid in de onmiddellijke omgeving van de raket. De methode, afkomstig van Seddon, is bruikbaar tot op een hoogte van duizenden km.

De tweede methode maakt gebruik van de Faraday-rotatie, die een lineair gepolariseerd radiosignaal in de ionosfeer ondergaat. Hierbij is slechts één zender in de raket nodig. Zodra de stijgende raket de ionosfeer bereikt begint het polarisatievlak van het ontvangen signaal te draaien. De rotatiesnelheid hangt af van de snelheid van de raket, de electro-

nendichtheid ter plaatse van de raket en van de sterkte van het aardmagnetische veld.

Deze beide methodes zijn niet zonder meer met satellieten in plaats van met raketten uit te voeren. Satellieten bewegen zich vrijwel horizontaal door de ionosfeer. Wel treedt ook hierbij, als de satelliet zich van de horizon naar het zenith van de waarnemer verplaatst, zowel het Doppler-effect als de Faraday-rotatie op. Een profiel van de electronendichtheid is hieruit echter niet af te leiden. Wel kan men er de kolomdichtheid van de electronen, gerekend vanaf de grond tot de hoogte van de satelliet, uit afleiden.

Een latere, veel belangrijker bron van gegevens over de hoge ionosfeer is de zogenaamde „topside-sounder", een in een satelliet geplaatste ionosonde, die de ionosfeer vanaf zijn eigen hoogte (1000 km of meer) naar beneden toe peilt. Deze heeft bovendien het voordeel dat gegevens van zowel hoge als lage breedte worden verkregen; de inclinatie van de baan wordt daarom hoog gekozen.

Hoewel reflecties van radiosignalen boven het maximum van de $F_2$-laag niet mogelijk zijn, is er toch ook een methode ontwikkeld om vanaf het aardoppervlak gegevens van de ionosfeer tot op een hoogte ver boven die van het ionisatiemaximum te verkrijgen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de incoherente terugstrooiing van een radiosignaal aan vrije electronen. Men maakt daarbij gebruik van een frequentie van 40 MHz of hoger, een antenne met sterk richteffect en een hoog zendvermogen. Dit laatste is noodzakelijk omdat de ontvangen echo's zeer zwak zijn. De terugstrooiing aan vrije electronen is onafhankelijk van de frequentie en treedt dus ook op voor frequenties die te hoog zijn voor normale reflectie. De intensiteit van de echo van een bepaalde hoogte is evenredig met de electronendichtheid op die hoogte. Het spectrum van het teruggestrooide signaal bestaat uit de oorspronkelijke frequentie en zijbanden. De zijbanden ontstaan door het Doppler-effect van de thermische beweging van de terugstrooiende electronen. Een nauwkeurige analyse van dit spectrum maakt het mogelijk de temperatuur, zelfs zowel electronen- als ionentemperatuur, en de gemiddelde ionenmassa te bepalen.

*Ionosferische driftmetingen*

Een tegen de ionosfeer gereflecteerd radiosignaal vertoont fading. De fading treedt ook op wanneer het signaal slechts langs één weg komt, d.w.z. als interferentie tussen enkele en meervoudige reflecties uitgesloten is. De fading wordt dan nog slechts veroorzaakt doordat de reflecterende ionosfeer ook in een horizontaal vlak niet homogeen is, en bovendien een horizontale drift vertoont. Men onderscheidt hierbij drift en wind. Drift is een verplaatsing van de electronen, wind die van het neutrale gas, en beide behoeven in de hogere ionosfeer niet gelijk te zijn. In de lagere ionosfeer (E-gebied) zijn ze dat waarschijnlijk wel, dank zij een voldoend hoge botsingsfrequentie van de vrije electronen.

Bij registratie van de amplitude van een tegen de ionosfeer gereflecteerd signaal, ontvangen met antennes die op ongeveer een golflengte afstand van elkaar staan, blijkt dat deze registraties wel op elkaar lijken maar niet

gelijk zijn. Vaak is er een duidelijke verschuiving in de tijd (van enkele seconden tot 0,1 sec) te vinden. Het is mogelijk om uit de tijdsverschuivingen van de signalen van drie antennes de ionosferische drift in richting en grootte af te leiden. De eenvoudigste methode om dit te doen is de tijdsverschillen van een aantal overeenkomende maxima of minima van twee registraties te bepalen en deze te middelen. De juiste methode zou echter zijn het bepalen van de kruiscorrelatiefuncties tussen één registratie en de beide andere.

De drift van de E-laag is op het K.N.M.I. te De Bilt in de jaren 1958 en 1959 (zonnevlekkenmaximum) en ook in 1964 en 1965 (zonnevlekkenminimum) regelmatig gemeten. Hierbij is gebruik gemaakt van de genoemde eenvoudige manier van uitwerken. De ionosferische drift blijkt vrij grillig te veranderen. Snelheden tot enkele 100 m/sec worden gevonden. Maakt men echter een gemiddelde snelheid op voor ieder uur van de dag, dan wordt een duidelijke dagelijkse gang herkenbaar. Deze dagelijkse gang heeft voornamelijk een 12-uurlijkse periode; de windvector draait daarbij van noord, over oost, zuid en west rond. Er zijn typische verschillen tussen de seizoenen. De resultaten stemmen goed overeen met die van andere stations op gematigde breedte.

Sinds kort is op het K.N.M.I. een apparatuur gebouwd die een aantal punten van de auto- en kruiscorrelatiefuncties van de drie amplituderegistraties tijdens een waarneming van enkele minuten direct bepaalt. De drie registraties worden echter eerst vereenvoudigd tot functies die slechts de waarden 0 of 1 kunnen hebben, en wel tot 1 als de oorspronkelijke functie groter was dan zijn gemiddelde waarde, en tot 0 als deze kleiner was. In deze vorm worden de drie functies op een tape-recorder geregistreerd. Er wordt een toon-frequent signaal op de band gezet als de functie de waarde 1 heeft en niets in geval deze 0 is. Voor elk van de drie functies wordt daarbij een andere frequentie gebruikt. De band vormt een gesloten lus. Na de opname-kop passeert hij 5 weergave-kopjes, waartussen afstanden zijn die overeenkomen met 0,1 - 0,2 - 0,5 en 1,0 seconden. Elk weergavekopje is op drie selectieve versterkers aangesloten, waarmee de drie functies weer van elkaar gescheiden worden. Een punt van een kruiscorrelatiefunctie is nu te bepalen met behulp van een coïncidentieschakeling tussen de daarbij passende versterkeruitgangen. Er zijn coïncidentieschakelingen tussen het signaal afkomstig van antenne no. 1 en dat van antenne no. 2 voor een tijdsverschuiving van 0 sec en 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 en 1,8 sec, zowel in positieve als in negatieve zin, en eenzelfde aantal voor de vergelijking tussen de signalen van antennes no. 1 en no. 3. Een coïncidentieschakeling laat een telsignaal, dat bestaat uit 8 pulsen per seconde, door als de beide te vergelijken signalen 0 of beide 1 zijn. De telsignalen doen mechanisch decimale tellers (van 0 tot 999) functioneren. De gehele apparatuur werkt tot er juist 1000 punten van het telsignaal gegeven zijn, wat dus ongeveer 2 minuten duurt. Tellerresultaten van 1000 en 500 komen dan respectievelijk overeen met een correlatie 1 en 0.

De verkregen resultaten maken het in het algemeen mogelijk de kruiscorrelatiefuncties in een grafiek uit te zetten. Hieruit is dan niet alleen de ionosferische drift af te leiden, maar ook een grootheid die een maat is voor de turbulentie in de reflecterende laag.

Deze apparatuur werkt nu gedurende een half jaar tot volle tevredenheid.

Op 28 maart 1967 is de 191e werkvergadering gehouden in het conferentieoord „De Baak" te Noordwijk, met als onderwerp: *Radarantennes*. Van de drie gehouden voordrachten volgt hier een samenvatting.

*Dr. J. Snieder (Phys. Lab. R.V.O.-T.N.O., Den Haag), Traagheidsloze radarantennes.*

Als richtlijn voor de voordracht is gekozen een vergelijking tussen de conventionele ronddraaiende radarantenne en de traagheidsloze radarantenne.

De beperkingen van de conventionele antennes zijn behandeld en daarnaast is aangetoond hoe een traagheidsloze radarantenne in principe te realiseren is. Het principe van de werking van de antenne-elementen en de systemen die hiermede zijn te realiseren is besproken, alsmede de voor- en nadelen van de verschillende systemen.

Enkele dia's van operationele systemen zijn vertoond.

De verandering van het antennestralingspatroon met verandering van de bundelrichting is besproken.

Tenslotte is behandeld hoe enkele onderwerpen, waarover veel gepubliceerd wordt, onderling samenhangen en hoe het verband van ieder met de traagheidsloze radarantenne is. Deze onderwerpen zijn: „grating lobes", „space tapering", „mutual coupling", en de keuze van het optimaal aantal antennevlakken.

*Drs. M. E. J. Jeuken (T.H. Eindhoven), Een rij niet-equidistante stralers.*

In de antennetechniek worden antennes gebruikt die geconstrueerd zijn door een verzameling stralers op een geschikte wijze te groeperen. Een voorbeeld hiervan is de antenne waarvan de stralers zich op een rechte lijn bevinden en de afstand van twee opeenvolgende stralers constant is. Deze afstand moet niet te groot gekozen worden om het optreden van meer dan een hoofdbundel te voorkomen.

De stralingseigenschappen van een dergelijke antenne, zoals de breedte van de hoofdbundel en het zijlussenniveau kunnen verder beïnvloed worden door niet alle stralers op gelijke wijze te exciteren (het uitgestraalde vermogen is niet van alle stralers even groot).

Men kan zich afvragen of het voordelen heeft een rij niet-equidistante stralers toe te passen. De onderlinge afstand der stralers kan dan gehanteerd worden als een variabele bij het antenne-ontwerp. Dit is b.v. van belang in die gevallen waarbij een niet-constante excitatie der stralers ongewenst of onmogelijk is.

De berekening van het stralingsdiagram van een rij niet-equidistante stralers is de laatste 10 jaren uitvoerig bestudeerd. Sommige werkers gebruikten statistische methoden (als het aantal stralers groot is). Anderen probeerden analytische methoden te ontwikkelen, teneinde inzicht te verkrijgen in de stralingseigenschappen van deze antennes.

De analytische methode, die tot nu toe het meest succesvol schijnt te zijn, werd in de voordracht besproken. Deze methode komt in wezen hierop neer, dat het stralingsdiagram van een dergelijke antenne wordt geschreven als een oneindige som van stralingsdiagrammen van lijnbronnen. Het

stralingsdiagram in de buurt van de hoofdbundel wordt dan meestal gegeven door de 0e term van de reeks alleen.

Uitgaande van deze representatie van het stralingsdiagram werden enige voorbeelden behandeld. Tot slot werden enige nog niet opgeloste problemen genoemd.

*Ir. R. Blommendaal (Ned. Radar Proefstation, Noordwijk), De toepassing van multiplicatieve antennes bij radar.*

De snelle ontwikkeling van de scheepvaart in de West-Europese havens zal een grotere hoeknauwkeurigheid der havenradarsystemen noodzakelijk maken. Door het Christiaan Huygenslaboratorium is onderzocht of met een multiplicatief ontvangsysteem de bundelbreedte gehalveerd zou kunnen worden, zonder dat de huidige afmeting van 4,50 meter der antenne wordt verdubbeld.

De multiplicatieve antenne behoort tot de „data processing antennas", waarbij de systeemparameters onafhankelijk zijn gemaakt. Hierdoor kunnen bepaalde antenne-eigenschappen optimaal worden gemaakt, zij het ten koste van andere eigenschappen.

De ontwikkelde antenne bestaat uit een „hoofdantenne" van het sleufstralertype met stralingsdiagram:

$$A(\varnothing) = \sum_{n=-N}^{+N} a_n e^{jn\varnothing};$$

$\varnothing = \dfrac{2\pi d}{\lambda}\sin\Theta$, $d$ = element-afstand, $\Theta$ = hoek met normaal, $\lambda$ = golflengte, $a_n$ = excitatie-coëfficient.

Aan weerszijden van de hoofdantenne zijn twee referentie-antennes aangebracht, die uit een „Magic-T" worden gevoed en die tezamen een stralingsdiagram hebben van de vorm $B(\varnothing) = 2\cos N\varnothing$.

De afstand tussen de nuldoorgangen van $B(\varnothing)$ is ongeveer half zo groot als die bij de hoofdbundel van $A(\varnothing)$. Worden de ontvangen signalen vermenigvuldigd in een fasedetektor, dan is het resultaat: $E(\varnothing) = A(\varnothing) \times \times B(\varnothing)$, een diagram met een zeer aantrekkelijke bundelversmalling. De faseterm ontbreekt, omdat beide antennes om hun fasemiddelpunt draaien. De negatieve zijlussen kunnen op eenvoudige wijze worden onderdrukt. Hoewel bij de praktische uitvoering veel zorg aan de fase-stabiliteit, de ligging der fasemiddelpunten en de stralingsdiagrammen moest worden besteed, is het systeem tamelijk eenvoudig gebleven en op vlotte wijze tot stand gekomen.

*Conclusie:* Het is mogelijk met een multiplicatief systeem de effektieve bundelbreedte met een faktor twee te verkleinen zonder de afmetingen van de antenne aanzienlijk te vergroten. Vooral voor toepassingen waarbij hoeknauwkeurigheid een eerste vereiste is lijkt dit systeem ook in economisch opzicht een aantrekkelijke propositie.

## Verslag van de Algemene Ledenvergadering d.d. 22 juni 1967 te Utrecht

Van het bestuur zijn aanwezig de heren Prof. Ir. J. Piket (voorzitter), Dr. F. W. de Vrijer (vice-voorzitter), Ir. L. Krul (secretaris), Ir. K. Vredenbregt (penningmeester) en Prof. Dr. Ir. A. A. Th. M. van Trier.

Verder zijn aanwezig Ir. Th. J. Weijers (hoofdredacteur van het Tijdschrift-NERG) en 22 stemgerechtigde leden.

1. *Opening*

Met verwijzing naar de aan de leden toegezonden uitnodiging tot het bijwonen van deze Algemene Vergadering, die voorafgaat aan de 193e werkvergadering, opent de voorzitter om 13.30 uur de vergadering. Hij heet de aanwezigen welkom en deelt mede dat één agendapunt aan de orde is, nl. de kwestie van samenwerking met het Koninklijk Instituut van Ingenieurs inzake publikaties. In verband met de belangrijkheid hiervan had de voorzitter gehoopt op een iets grotere opkomst van de leden.

2. *Bestuursvoorstel betreffende de mogelijkheid tot samenwerking met het K.I.v.I. inzake publikaties*

De voorzitter herinnert aan het besprokene op de jaarlijkse Algemene Ledenvergadering van 15 februari 1967. Op grond van de uitslag van de in deze vergadering gehouden stemming over het onderhavige bestuursvoorstel was het bestuur toen van mening dat geen beslissing kon worden genomen. Het bestuur heeft zich na genoemde ledenvergadering opnieuw uitvoerig over het onderwerp beraden en heeft daarna, om beter geïnformeerd te zijn omtrent de meningen van de leden, een schriftelijke opiniepeiling gehouden. Zoals in de uitnodiging tot het bijwonen van deze vergadering werd toegelicht hebben 343 leden hun mening kenbaar gemaakt (315 leden spraken zich daarbij uit voor de samenwerking met het K.I.v.I. inzake publikaties, 24 leden waren tegen het voorstel terwijl van 4 leden het ontvangen formulier op zodanige wijze was ingevuld dat rangschikking in één van de genoemde categorieën niet mogelijk bleek). Als verdere voorbereiding van deze vergadering heeft het bestuur een proefnummer van het Tijdschrift in de voorgenomen uitvoering ter informatie aan de leden toegezonden. Alle aanwezige leden blijken (desgevraagd) in het bezit te zijn van dit nummer.

Vooruitlopend op de uiteindelijke beslissing deelt voorzitter mede, dat over een aantal detailzaken nog nader overleg nodig is. Deze details betreffen enerzijds de uitvoering op een aantal punten en anderzijds de financiële consequenties. Hij zegt toe, dat de leden hieromtrent nader zullen worden ingelicht in het najaar.

Na nog te hebben herinnerd aan de achtergronden van het bestuursvoorstel en de aandacht te hebben gevestigd op de positieve elementen van de samenwerking vraagt voorzitter, met verwijzing naar de uitslag van de gehouden opiniepeiling, of de vergadering nog behoefte heeft aan een hoofdelijke stemming over dit onderwerp.

Hierop herhaalt Ir. Bloemsma hetgeen hij in de Algemene Ledenvergadering van 15 februari 1967 reeds heeft medegedeeld. Hij is tegen het voorstel en voorziet dat vele leden zullen bedanken omdat het lid zijn van twee verenigingen die vrijwel hetzelfde doel nastreven weinig zin heeft.

Daar geen van de overige aanwezigen nog bezwaren uit tegen het bestuursvoorstel, concludeert de voorzitter met instemming van de vergade-

ring dat thans door de leden formeel goedkeuring is verleend aan de voorgenomen samenwerking met het Koninklijk Instituut van Ingenieurs inzake publikaties. Prof. Van Soest verklaart tenslotte ingenomen te zijn met deze beslissing. Samenwerking is een nuttige zaak, aldus Prof. Van Soest en vereenvoudiging met betrekking tot de financiën is toe te juichen. De onafhankelijkheid van het NERG gaat hem echter zeer ter harte. Spreker meent dan ook de gevoelens van de meeste NERG-leden te vertolken, door het bestuur dringend te verzoeken een toekomstig beleid te voeren dat is gericht op een eigen karakter en op zelfstandigheid van het Genootschap.

Voorzitter dankt Prof. Van Soest voor deze opmerking die hij van veel waarde acht, en verzekert Prof. Van Soest dat het bestuur dezelfde mening is toegedaan.

De ledenvergadering wordt vervolgens gesloten; na een korte onderbreking vangt de 193e werkvergadering aan.

De Secretaris,
Ir. L. Krul.

## LEDENMUTATIES

### Nieuwe leden:

Ir. L. W. R. Biekart, Spotvogellaan 36, Den Haag.
J. J. Bliek, Prinses Irenelaan 13, IJsselstein (Ut).
Ir. B. de Ferrante, Naarderweg 31A, Blaricum.
H. A. A. Grimbergen, Vondellaan 13, Leiden.
Ir. A. A. J. Otten, Nassaustraat 3, Helmond.
J. W. Reinold, Charl. de Bourbonstraat 14, Waddinxveen.
Ir. J. Smith, Adriaan Kluitstraat 8 II, Amsterdam.

### Voorgestelde leden:

Ir. F. H. Altmann, W. van Aelststraat 23, Delft.
Prof. Dr. Ing. H. J. Butterweck, 't Geluk 10, Geldrop.
Ir. L. D. J. Eggemont, Nieuwe Boschstraat 33A, Breda.
Ir. G. W. Lubking, Vrijenbansestraat 20B, Rotterdam - 11
Ir. J. S. van Sinttruyen, Weteringstraat 39B, Rotterdam.

### Nieuwe adressen van leden:

Ir. G. C. N. Frankenmolen, Theseusweg 14, Eindhoven.
Kapt. Ltz. (E) E. V. Glaser, Karel Doormanlaan 24, Voorschoten.
Ir. P. J. C. Hamelberg, van Blankenburgstraat 43, Den Haag.
Ir. A. A. J. M. van Heck, Otto van Taverenstraat 27, Enschede.
Ir. F. W. Höld, Hongarenburg 138, Den Haag.
Ir. L. G. P. Kloppenborg, Santhorststraat 36, Stompwijk.
J. W. van der Lely, Rembrandtlaan 22, Huizen (N.H.).
Ir. J. G. de Lint, Beckumerstraat 19, Hengelo (Ov.).
Dr. Ir. L. Ongkiehong, Muurbloemweg 7, Den Haag.
Ir. C. van Velthooven, Csardasstraat 24, Nijmegen.

### Bedankt als lid:

Ir. J. P. van Geuns, van Nyenrodeweg 495, Amsterdam.